

© EPODOC / EPO

- PN - JP8129018 A 19960521  
PD - 1996-05-21  
PR - JP19940292283 19941031  
OPD - 1994-10-31  
TI - NON-CONTACT MODE INTERATOMIC FORCE MICROSCOPE/  
ELECTROSTATIC CAPACITY MICROSCOPE COMPOSITE  
APPARATUS  
IN - KAWAMI HIROSHI; HAYASHI TSUKASA  
PA - NISSIN ELECTRIC CO LTD  
IC - G01N37/00 ; G01B7/00 ; G01B7/14 ; G01B21/30 ; H01J37/28  
© WPI / DERWENT
- TI - Non-contacting mode compound microscope e.g. atomic force  
microscope - has scanner to scan sample in planar X and Y  
directions after regulating distance between sample and probe by  
servo circuit  
PR - JP19940292283 19941031  
PN - JP8129018 A 19960521 DW199630 G01N37/00 007pp  
PA - (NDEN ) NISSHIN ELECTRICAL CO LTD  
IC - G01B7/00 ; G01B7/14 ; G01B21/30 ; G01N37/00 ; H01J37/28  
AB - J08129018 The non-contacting mode compound microscope  
consists of a piezoelectric element (9) for scanning a sample in the  
X,Y,Z directions. A probe (3) is set up at the end of a cantilever (2).  
A power supply vibrates the piezoelectric element with a minute  
amplitude. A bias power supply (8) applies a bias voltage to the  
sample (4). A capacitive sensor (7) measures the electrostatic  
capacity between the probe of the cantilever and the sample.  
- A laser is applied on the back of the cantilever and the reflected  
light is detected by a detector (6). A servo circuit (12) finds out the  
bending of the cantilever from the detected output and regulates  
the distance (1) between the sample and probe. A scanner (10)  
scans the sample in the planar X and Y directions.  
- USE/ADVANTAGE - In scanning form electrostatic capacity  
microscope. Reduces bending of cantilever. Increases life time of  
cantilever and probe. Stabilises measurement.  
- (Dwg.3/3)  
OPD - 1994-10-31  
AN - 1996-296835 [30]

PAJ / JPO

- PN - JP8129018 A 19960521
- PD - 1996-05-21
- AP - JP19940292283 19941031
- IN - KAWAMI HIROSHI; HAYASHI TSUKASA
- PA - NISSIN ELECTRIC CO LTD
- TI - NON-CONTACT MODE INTERATOMIC FORCE MICROSCOPE/  
ELECTROSTATIC CAPACITY MICROSCOPE COMPOSITE  
APPARATUS
- AB - PURPOSE: To provide a composite microscope causing no  
abrasion or peeling of the metal coating of a probe by contact and  
capable of functioning as a non-contact interatomic force  
microscope.
- CONSTITUTION: A probe<sup>3</sup> is not brought into contact with a  
sample<sup>4</sup> and a cantilever<sup>2</sup> is finely vibrated in the vicinity of the  
sample<sup>4</sup>. The resonance frequency of vibration is changed  
corresponding to the distance D between the probe<sup>4</sup> and the  
surface of the sample. The change of resonance frequency is  
known by a change in the amplitude of the cantilever<sup>2</sup> and the  
distance D between the sample<sup>4</sup> and the probe<sup>3</sup> is calculated. In  
order to make the distance D constant, the vibration drive voltage  
of the cantilever<sup>2</sup> is adjusted or the cantilever<sup>2</sup> and the sample<sup>4</sup>  
are relatively moved in an up-and-down direction. Either way, the  
change of interatomic force can be calculated without bringing the  
probe and the sample to a contact state.
- I - G01N37/00 ; G01B7/00 ; G01B7/14 ; G01B21/30 ; H01J37/28

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-129018

(43)公開日 平成8年(1996)5月21日

(51)Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	FI	技術表示箇所
G 0 1 N 37/00	F			
	H			
G 0 1 B 7/00	K			
7/14	Z			
21/30	Z			

審査請求 未請求 請求項の数1 FD (全 7 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平6-292283

(22)出願日 平成6年(1994)10月31日

(71)出願人 000003942

日新電機株式会社

京都府京都市右京区梅津高畝町47番地

(72)発明者 川見 浩

京都府京都市右京区梅津高畝町47番地日新  
電機株式会社内

(72)発明者 林 司

京都府京都市右京区梅津高畝町47番地日新  
電機株式会社内

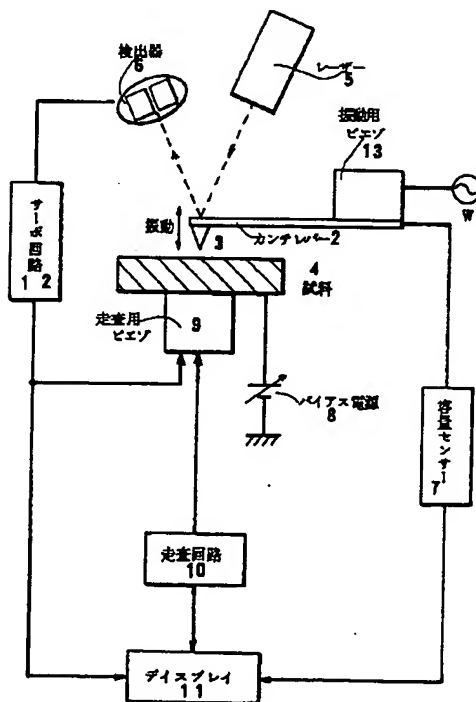
(74)代理人 弁理士 川瀬 茂樹

(54)【発明の名称】 非接触モード原子間力顕微鏡／静電容量顕微鏡複合装置

(57)【要約】

【目的】 原子間力顕微鏡と静電容量顕微鏡を合体した顕微鏡を作ろうとすると、センサ部分に導電性のカンチレバーを必要とする。カンチレバーの先端下部に探針を設け、探針と試料との間の静電容量を検出する。カンチレバーと探針の一部に金属を被覆して導電性を与えている。原子間力顕微鏡として利用する時、探針は試料の面に接触しながら走査する。接触により探針の金属被覆が摩耗したり、剥離したりする。すると静電容量を測定できなくなる。非接触であって原子間力顕微鏡として機能し得る複合顕微鏡を提案することが目的である。

【構成】 探針を試料に接触させず、試料の近傍でカンチレバーを微小振動させる。探針と試料表面の距離Dにより振動の共振周波数が変化する。共振周波数の変化をカンチレバーの振幅の変化によって知り、試料と探針の距離Dを求める。距離Dを一定にするように、カンチレバーの振動駆動電圧を調整したり、カンチレバーと試料を上下方向に相対移動させたりする。いずれにしても探針と試料を接触させることなく、原子間力の変化を求めることができるようになる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 その上に試料を固定し平面内でのX、Y 2方向への走査とZ方向の変位を行う走査用圧電素子と、撓みやすい材料でできており一部に金属被膜を形成して導電性としたカンチレバーと、カンチレバーの先端に設けられた探針と、カンチレバーの基部が固定されカンチレバーを上下方向に微小振幅で振動させる振動用圧電素子と振動用圧電素子を振動させるための電源と、試料にバイアス電圧を印加するバイアス電源と、カンチレバーの探針と試料間の静電容量を測定する容量センサと、カンチレバーの背面に光を当てるレーザと、カンチレバーからの反射光の方向を検出する検出器と、検出の出力からカンチレバーの撓みを知り試料と探針の距離を調整するサーボ回路と、試料を平面方向のX、Y方向に走査する走査回路とを含み、カンチレバーの探針を試料に接触させることなく、試料の近傍でZ方向に微小振動させ、探針と試料との距離Dによってカンチレバーの共振周波数が異なることを利用し、共振周波数の変化から距離Dを求め、探針と試料の間の静電容量と、探針と試料の距離Dをとともに測定できるようにしたことを特徴とする非接触モード原子間力顕微鏡／静電容量顕微鏡複合装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は原子間力顕微鏡（AFM）と走査形静電容量顕微鏡（SCaM）を結合した顕微鏡に関する。原子間力顕微鏡は試料表面の凹凸を原子単位で観察できる顕微鏡である。静電容量顕微鏡は探針と試料表面の静電容量の微細な変化を測定するための顕微鏡である。これらは目的や原理が異なる顕微鏡である。しかしいずれも半導体の表面などの微細な構造、組成などを観察するための手段として極めて有力である。そこで本発明者は両方の顕微鏡の機能を結合して複合的な装置を開発している。ここでは非接触モードの複合顕微鏡を提案しようとする。

## 【0002】

【従来の技術】 走査型静電容量顕微鏡（SCaM）は、導電性の探針を試料に接近させ、探針と試料表面の電荷との間で形成される静電容量を測定し、試料表面の静電容量分布を検出するものである。センサ部は、金属の短い探針である。撓む必要はない。試料面に垂直に電流を流す事ができるから、探針の他の部分と、試料の間に生ずる静電容量は小さくする事ができる。原理図を図2に示す。探針3が試料4に対向している。バイアス電源8により試料4にバイアス電圧が印加される。探針につながれた容量センサ7が探針3と試料4の間の静電容量を測定している。探針は当然導電性のものである。

【0003】 原子間力顕微鏡（AFM）は近接した原子の間に働く原子間力を検出することにより試料表面の凹凸の情報を得る顕微鏡である。具体的には、絶縁性の撓

み易い部材を試料に接近させ、この部材原子と試料原子の間に働く原子間力による部材の撓みを光学的或いは静電的に検出する。撓みの量が原子間力に比例する。原子間力は短距離力であるから、原子間力より試料の微細な凹凸を知ることができる。

【0004】 原子間力を検出するための部材は板ばねということもある。かたもちばりであり、よく撓むので、この部材をカンチレバーと呼ぶこともある。カンチレバーは絶縁性で撓み易いのが条件である。Si、N、SiO<sub>2</sub>、Si等のヤング率の低い材料の薄膜を用いる。カンチレバーは、板バネとも、バネともいう人がいる。探針を試料表面に接近させると、試料原子とカンチレバーの先に力が生じるのでこの力を測定する。電気的な機構を用いないので、カンチレバーは絶縁性で良いのである。カンチレバーの撓みは、レーザ光を当てて反射する光の変位を受光素子によって検出して求める。原理図を図1に示す。

【0005】 ホルダー1の先に撓みやすいカンチレバー2を取り付けてある。カンチレバーの先には先鋭な探針3が固着されている。試料4の表面を探針3によってなぞってゆく。試料の凹凸に従ってカンチレバーが上下に撓む。レーザ5から光をカンチレバー2の背面に当てる。反射光が斜め上方に設けられた検出器6に入る。これは複数箇所に分割された検出部を持ち、カンチレバーの撓み量に応じて、各部の入力量の比が変化するので、カンチレバーの撓みが分かる。

【0006】 本発明者は、原子間力顕微鏡（AFM）と静電容量顕微鏡（SCaM）のふたつを結合した顕微鏡を提案する。この場合、SCaMの探針と、AFMのカンチレバーをひとつに纏めたセンサとしなければならない。このため静電容量を測定できるようにカンチレバーに導電性を賦与する必要がある。これは金属の薄膜をカンチレバーの一部にコーティングすることによって可能になる。反対にSCaMの場合は単なる探針でよいものが、AFMとしても作用しなければならないからカンチレバーを採用しなければならない。カンチレバーは試料に平行にして用いるからカンチレバーと試料間の容量が、探針と試料間の容量に対してノイズになる。このノイズを最小にする工夫が必要である。このようにふたつの顕微鏡を統合しようするとセンサ部に工夫をしなければならない。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】 原子間力顕微鏡は試料原子と探針原子の間に働く原子間力を、カンチレバーの撓みによって検知するから、探針の先端は試料に接触している。探針と試料が接触した状態で原子間力の変動を調べるようになっている。これはこれで差し支えない。探針の先が摩滅しても、原子間力の作用に変化はないからである。ところが、AFMとSCaMを同一の顕微鏡に設置しようすると問題が発生する。AFMは探針を

接触させるが、尖った探針であるから先が摩滅する。先が摩滅すると、接触面積が変化するので静電容量がこれによって変化してしまう。同じ条件下で探針と試料表面の静電容量を求めることができない。

【0008】さらにSCaMとするには、カンチレバーを導電性にしなければならない。全体を金属にすると剛性が大きくなりすぎる。複合顕微鏡においてもカンチレバーは従来のように、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Si}$ 、 $\text{N}_4$ 、 $\text{Si}$ などを使いたい。するとこれらの材料の上に金属薄膜をコーティングするという方法により導電性を与えることになる。もしもカンチレバーの探針が試料に常時接触しているとすると、金属薄膜が剥がれるか薄膜が摩滅してなくなってしまう。すると導電性を喪失し静電容量顕微鏡として使うことができなくなる。AFMとしてだけならば、探針と試料が接触するのは差し支えない。しかしSCaMとしても利用したい場合は探針が試料に接触しない方がよい。

【0009】

【課題を解決するための手段】金属薄膜をコーティングし導電性を持つカンチレバーをピエゾ振動子（圧電素子）によって、試料から離れたところで振動させておき、探針と試料表面の距離Dの関数として共振周波数F<sub>r</sub>が変わることを利用して距離Dを求める。これにはいくつかの方法がある。距離Dを一定に保つようにピエゾ振動子の電圧振幅を変動させるようにする場合は、探針と試料の間隔Dが同一であるから、表面の凹凸の影響を受けることなく静電容量を測定できる。カンチレバーを振動させて、距離Dにより共振周波数F<sub>r</sub>が変化する理由は後に説明する。距離Dの求め方には次のようなモードがあり得る。

【0010】①圧電素子により共振周波数でカンチレバーを振動させておく。圧電素子の電圧振幅Vを一定にする。距離Dが異なると共振周波数がずれるから、カンチレバーの振幅Aが減少する。カンチレバーの振動の振幅Aは検出器によって光学的に求められる。これによって共振周波数のずれが分かり、距離Dが求められる。

【0011】②圧電素子により共振周波数からずれた周波数Fにおいて、カンチレバーを振動させる。電圧振幅Vは一定とする。距離Dにより共振周波数F<sub>r</sub>が異なるので、同じ周波数F、同じ電圧振幅Vであってもカンチレバーの振幅Aが変化する。カンチレバーの振幅は検出器によって求められるから、振幅Aの変化により、共振周波数のずれが分かり、距離Dが分かる。

【0012】③圧電素子により共振周波数からずれたある一定周波数Fにおいてカンチレバーを振動させる。距離Dにより共振周波数が変わる。するとカンチレバーの振幅Aが変わる。振動の振幅Aは検出器によって分かる。振幅Aを一定に保つように、圧電素子に加える電圧振幅Vをフィードバック制御する。電圧Vにより距離Dが分かる。

【0013】④圧電素子により共振周波数からずれた周波数域(F<sub>1</sub>~F<sub>2</sub>)のある周波数Fによってカンチレバーを振動させる。電圧振幅Vは一定とする。距離Dによって共振周波数が変化する。するとカンチレバーの振動の振幅Aも変化する。振幅Aを一定値に保つように、圧電素子の周波数Fをフィードバック制御する。

【0014】⑤圧電素子により共振周波数F<sub>r</sub>でカンチレバーを振動させる。距離Dの変動により共振周波数F<sub>r</sub>が変化する。電圧振幅Vを一定にして圧電素子の周波数を変えて、振幅Aを最大にする新たな共振周波数を求める。つまり常に共振周波数によって圧電素子を振動させる。F<sub>r</sub>を正確に求めながら距離Dを求めることができる。

【0015】パラメータを整理して直観的に分かりやすく説明する。圧電素子の周波数をF、カンチレバーの共振周波数をF<sub>r</sub>、距離をD、圧電素子の電圧振幅をV、カンチレバーの振幅をAとする。Aは、F、F<sub>r</sub>、Vの関数であり、F<sub>r</sub>はDの関数であるから、

【0016】

$$A = f(F, F_r, (D), V, ) \quad (1)$$

【0017】と書くことができる。①はF=F<sub>r</sub>とし、Vを一定にし、AからDを求める。②はF≠F<sub>r</sub>とし、Vを一定にし、AからDを求める。③はF≠F<sub>r</sub>、Aを一定にして、VからDを求める。④はV、Aを一定にし、Fを変えて、FからDを求める。⑤はF<sub>r</sub>からDを求める。

【0018】以上の5つの方法は距離Dが変数であってこれを求めるものである。つまりカンチレバーの運動は上下方向には単純な単振動 $z = A \sin \omega t + Z_0$ によって表すことができる。Z<sub>0</sub>は試料表面近くに定義した三次元座標のXY面からのカンチレバーの探針の高さである。直流電圧Uを圧電素子に印加することによりZ<sub>0</sub>を変更することができる。上の5つの方法はいずれも圧電素子の平均の高さZ<sub>0</sub>は一定にして、試料表面からの距離Dを求めるものであった。

【0019】反対に距離Dを一定に保持することにより表面の凹凸を知るということも勿論可能である。圧電素子は微小振動を与えるだけでなく、任意の直流的な上下方向変位Zを与えることができるものとする。この場合、圧電素子に印加する電圧は、 $V \sin \omega t + U$ となる。カンチレバーの圧電素子が直流的な変位を与えることができない場合もある。しかしそれは差し支えないことである。試料を支持する圧電素子のZ方向電極に直流電圧を加えることにより、カンチレバーの相対的な高さDを調整できるからである。カンチレバーの圧電素子、試料の圧電素子のZ成分のいずれを直流的に制御しても良い。都合の良い方を選べば良い。

【0020】ここではカンチレバーの圧電素子のZ方向の直流成分というふうに説明する。圧電素子の駆動電圧の内、直流電圧UがZ<sub>0</sub>を決め、交流振幅Vが振幅Aを

決めるのである。このようにするとカンチレバーの運動は振動と変位を組み合わせたものになる。自由度が先程の場合よりも増える。①～⑤の他にもいくつかの検出モードが可能である。距離Dを一定に保持することであるならば、変数の変化をフィードバック制御することになる。この場合は(1)の他に次の二つの式(2)、(3)が成り立つ。

【0021】

$$A = f(F, F_r, (D), V, ) \quad (1)$$

$$Z = Z_0 + g(U) \quad (2)$$

$$Z = D + S \quad (3)$$

【0022】Sは試料表面の高さである。これに距離Dを加えたものが探針の下端の高さZである。

⑥ 圧電素子の振動電圧Vは一定とし、共振周波数F<sub>r</sub>によって駆動し、カンチレバーの振動振幅Aが一定になるように、直流電圧Uを調整する。これによりカンチレバーの先端が昇降する。(1)式からA、F、Vが一定であれば距離Dが一定であることが分かる。このように直流電圧Uを調整すると、このとき探針と試料の距離はDであるはずである。このときの探針の高さZは、検出器の直流分から分かる。また圧電素子に加えている直流電圧Uからも分かる。

【0023】⑦ 圧電素子の振動電圧Vは一定にする。周波数は共振周波数以外の一定周波数Fとする。カンチレバーの振幅Aを検出器で観測し、これが一定になるよ\*

$$m d^2 z / dt^2 + K(z - z_0) = 0 \quad (4)$$

という運動方程式が成り立つ。点z<sub>0</sub>は平衡点である。 ※【0027】

共振周波数は

$$F_r = (K/m)^{1/2} / 2\pi \quad (5)$$

である。これが例えば重力のように一定の力の場に置か★30★れると、

$$m d^2 z / dt^2 + K(z - z_0) = -mg \quad (6)$$

【0028】となるが、これは平衡点(振動の中心)がz<sub>0</sub> - mg/Kに変わるだけである。共振周波数に変化はない。同様にクーロン力のように長距離力の場合は、振動子の動く範囲で一定である。この場合も平衡の位置が少しずれるだけである。共振周波数は不変である。

【0029】ところがファンデルワールス力のように極めて短距離しか働かない力の場合は、事情が少し変わってくる。ファンデルワールス力は距離の6乗に反比例する☆

$$VF(z) = -Q(z-S)^{-6} + R(z-S)^{-12} \quad (7)$$

【0031】となる。第1項が引力(Qは正)を第2項が斥力(Rは正)を表す。振動子の平衡点の近くでこれを展開する。但し、探針と試料原子の距離がかなりある◆

$$VF(z) = -Q(z_0 - S)^{-6} - 6(z - z_0)Q(z_0 - S)^{-7} + \dots \quad (8)$$

【0033】となる。振動子の振動の中心がz<sub>r</sub> = z<sub>0</sub> - Q(z<sub>0</sub> - S)<sup>-6</sup>/Kにずれる。これはどうでも良いことである。注意すべきことは共振周波数が変化すると

$$F_r = [ \{ K + 6Q(z_0 - S)^{-7} \} / m ]^{1/2} / 2\pi \quad (9)$$

【0035】この式はファンデルワールス力を発生する 50 試料原子の座標Sを含んでいる。Sが増えると、つまり

\*うに圧電素子の直流電圧Uを調整する。A、F、Vが一定であると距離Dが一定であるから、試料表面の高さSが分かる。探針の高さZは、検出器の直流分あるいは、圧電素子の直流電圧Uから分かる。

【0024】距離Dを一定にする測定モード⑥、⑦は、これを静電容量顕微鏡として利用する時には有用である。距離Dを一定に保持しつつ、試料と探針間の静電容量を測定すると、試料の電荷密度が直接に分かるからである。以上に述べたのは試料のある箇所での凹凸、電荷状態の測定である。実際には試料を平面方向(XY方向)に走査するから、試料表面全体に渡る凹凸、電荷状態を求めることができる。

【0025】

【作用】本発明が利用しようとするのは、探針と試料間の距離Dによって、カンチレバーの共振周波数が変化するという性質である。長距離力、例えばクーロン力などの場合は、ふたつの物体が接近しても、離隔しても殆ど力は変わらない。ために力の方向に振動する振動子があっても共振周波数に変化がない。振動の中心点が力に応じて少し変化するだけである。一次元振動子によってこれを始めに説明する。振動子の座標をzで表現する。振動子のバネ定数をKとする。振動子の質量をm(これは慣性モーメントの場合もある)とすると、

【0026】

☆る引力であると言われる。ファンデルワールス力はイオン間のクーロン力ではなく、不對電子を持たない原子同士の力である。引力だけでは平衡しないから時に距離の12乗に反比例する斥力を加えることもある。Z=Sの点に原子があると、これによるファンデルワールス力VF(z)は

【0030】

◆から斥力の項は殆ど無視できる。

【0032】

\*いうことである。

【0034】

7

8

試料が探針に近付くと共振周波数が増加する。反対に試料が探針から遠ざかると共振周波数が減少する。探針の座標が $z_0$ であり試料表面の原子座標が $S$ であるから、\*

\*  $z_0 - S = D$  (距離) である。  
【0036】

$$F_r = [ \{ K + 6 Q D^{-1} \} / m ]^{1/2} / 2 \pi \quad (10)$$

これが式(1)に表れる $F_r$  (D)の具体的な表現である。距離Dの変化による共振周波数の変化は、※

$$d F_r / d D = - 2 1 Q D^{-8} [ \{ K + 6 Q D^{-1} \} m ]^{-1/2} / 2 \pi \quad (11)$$

によって与えられる。実際には振動用圧電素子には $s 1$  ★動方程式によって表現される。  
n  $\omega t$ の強制振動を加えるのであるから、次のような運★ 【0038】

$$m d^2 z / d t^2 + K (z - z_0) = V F (z) + q V s \sin \omega t \quad (12)$$

qは比例定数である。この解は、☆ ☆ 【0039】

$$z - z_0 = q V [ m (-\omega^2 + \omega_r^2) ]^{-1} \sin \omega t \quad (13)$$

【0040】但し $\omega_r = 2 \pi F_r = [ \{ K + 6 Q D^{-1} \} / m ]^{1/2}$ である。これらの式から、試料の原子が動くことにより距離Dが増減し、これに伴って共振周波数が◆

◆変動するということができる。またカンチレバーの振動の振幅Aは、  
【0041】

$$A = q V [ m (-\omega^2 + \omega_r^2) ]^{-1} \quad (14)$$

【0042】であるから、振幅Aも距離Dによって変動することが分かる。振幅Aは周波数 $\omega$ によっても変化する。もちろん駆動電圧Vによっても変わる。従って、 $\omega$ 、Vを一定にして、探針の位置 $z_0$ も一定にして距離Dを知ることができる。これから試料表面の高さS ( $S = z_0 - D$ )を求めることができる。あるいは、試料の圧電素子を制御して試料を上昇下降させ、Dと $z_0$ を常に一定にし( $z_0 = D + S$ )試料の上昇下降の量から、試料表面の高さSを求めることもできる。このように本発明は原子間力の大きい力の勾配による共振周波数の変化を利用して試料表面の高さを求めている。

【0043】

【実施例】図3によって本発明の実施例を説明する。カンチレバー2は撓みやすい絶縁体(SiO<sub>2</sub>、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>、Si)から成り導電性を与えるために金属被膜を一部に被覆したものである。カンチレバー2の先端に先鋭な探針3が設けられる。試料4は半導体、誘電体、金属など任意の材料である。これを圧電素子(ピエゾ)9の上に固着する。ピエゾ素子9は円筒形であり、表面に幾つかの対の電極が形成してある。電極に電圧を印加し、素子を撓ませることにより、平面方向(X、Y)方向に変位できるようになっている。また上下方向(Z方向)にも変位できるようになっている。Z方向変位によって試料の高さを変えて、試料と探針の距離Dを任意に調整することができる。これによって試料は3方向に独立変位することができ、変位量も圧電素子の3方向の駆動電圧 $V_x$ 、 $V_y$ 、 $V_z$ によって知ることができる。

【0044】レーザ5が広がり小さい光を発生する。これがカンチレバー2の背面に当たり、反射される。反射光が検出器6に入る。検出器6は分割されたセンサを持つので、分割部での光の入射量を比較すると、反射光の方向が分かる。つまりカンチレバーの撓みが求められる。試料4にはバイアス電源8によりバイアス電圧が印加される。容量センサ7により探針と試料表面間の静電

20

容量が測定される。これは静電容量顕微鏡としての機能を果たすものである。試料と探針の距離Dを一定に保ちつつ静電容量を測ると、表面の電荷の分布が分かる。  
【0045】試料4をXY方向に走査するのは走査用のピエゾ(圧電素子)9であるが、先程の検出の出力を、サーボ回路12に入れて、試料と探針の距離を一定に保つようにピエゾをZ方向にも変位させることができる。サーボ回路12はカンチレバーの撓みが一定になるように圧電素子のZ方向電圧を制御する。カンチレバー2は、振動用のピエゾ素子(圧電素子)13に取り付けられている。このピエゾ素子13はカンチレバーを微小振動させるためのものである。Z方向に微小振動させて、距離による共振周波数の変化を検知できるようにする。Z方向の直流変位をも、このピエゾ素子によって行なわせることができるようにしても良い。このピエゾがZ方向の直流変位ができないとしても、走査用ピエゾがZ方向の微小変位をするので差し支えない。

40

【0046】Z方向の変位によって試料と探針の距離Dを一定に保つ。これはカンチレバーの振動電圧の振幅V、カンチレバーの実際の振幅Aを一定値に保持するように、試料の高さをサーボ回路12、ピエゾ9によって調整することによってなされる。振幅Aは検出器6によって測定できる。探針は試料に接触しない。探針と試料の距離Dによってカンチレバーの振動の共振周波数が変化することによって探針と試料の距離Dが分かる。距離Dを一定値に保持することができるので、探針が試料表面をなぞっているのと同じ測定をすることができる。つまり非接触の原子間力顕微鏡になるし、静電容量顕微鏡にもなる。試料表面の状態はディスプレイ11に表示される。

【0047】

【発明の効果】原子間力顕微鏡(AFM)と静電容量顕微鏡(SCAM)とを組み合わせた複合顕微鏡において、カンチレバーは導電性を持つものでなければなら

い。カンチレバーの全体を金属にすると剛性が大きくなり撓みが小さくなる。柔軟性を損なわないために絶縁体のカンチレバーに金属の薄膜を部分的に被覆する。ところがカンチレバーの探針を試料に接触させると、測定を重ねる内に金属被覆が摩滅してしまう。本発明は、探針と試料が非接触になっている。探針に被覆した金属薄膜が剥離したり、摩滅したりしない。結果として探針、カンチレバーの寿命が長くなる。カンチレバーをたびたび取り替える必要がない。カンチレバーの節約になるだけでなく、条件が安定するので、永年に渡って安定した測定を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】原子間力顕微鏡の測定原理図。

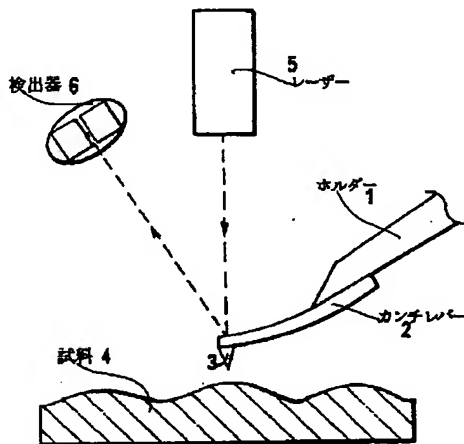
【図2】静電容量顕微鏡の測定原理図。

【図3】本発明の複合顕微鏡の概略構成図。

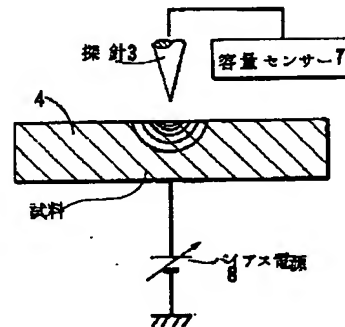
【符号の説明】

- 1 ホルダー
- 2 カンチレバー
- 3 探針
- 4 試料
- 5 レーザ
- 6 検出器
- 7 容量センサ
- 8 パイアス電源
- 9 走査用圧電素子（走査用ピエゾ）
- 10 走査回路
- 11 ディスプレイ
- 12 サーボ回路
- 13 振動用圧電素子（振動用ピエゾ）

【図1】



【図2】





The diagram illustrates a vibration measurement system for a cantilever beam. A cantilever beam (2) is fixed at one end to a base (4) and has a sample (試料) attached to its free end. A piezoelectric sensor (9) is mounted on the base to detect vibrations (振動). The system includes a signal processing circuit (12) that receives input from the piezoelectric sensor (9) and the cantilever beam (2). The output of the circuit (12) is sent to a display (11). A reference voltage source (8) is connected to the base (4) and the piezoelectric sensor (9). A piezoelectric sensor (13) is also connected to the cantilever beam (2) and the signal processing circuit (12). A capacity sensor (7) is connected to the cantilever beam (2) and the signal processing circuit (12). The cantilever beam (2) is shown vibrating (振動) with a dashed line indicating its displacement. The output of the system is shown as a waveform (5) on a screen (6).

(51) Int. Cl. <sup>6</sup>  
H 0 1 J

FI

### 技術表示箇所



INVESTOR IN PEOPLE

Application No: GB 0215581.0

Examiner: Dr Stephen Richardson

Claims searched: All

Date of search: 3 February 2003

## Patents Act 1977 : Search Report under Section 17

### Documents considered to be relevant:

Category	Relevant to claims	Identity of document and passage or figure of particular relevance	
X	1, 2, 5, 6, 9, 11, 12	US 6172506 B1	(ADDERTON) see whole document Figures 1 and 4 in particular
X	1, 2, 3, 4, 11, 12	US 5742172 A	(YASUTAKE) see whole document and Figures 1-3 in particular.
X	1, 3, 7, 9, 12 at least	EP 0551814 A1	(HITACHI) see abstract and figures
X	1, 7, 12 at least	EP 0410131 A1	(IBM) see abstract and Figure 2
X	1, 2, 6, 9, 12	JP 080129018 A	(NISSIN) see abstract and Figure 3

### Categories:

X	Document indicating lack of novelty or inventive step	A	Document indicating technological background and/or state of the art.
Y	Document indicating lack of inventive step if combined with one or more other documents of same category.	P	Document published on or after the declared priority date but before the filing date of this invention.
&	Member of the same patent family	E	Patent document published on or after, but with priority date earlier than, the filing date of this application.

### Field of Search:

Search of GB, EP, WO & US patent documents classified in the following areas of the UKC<sup>v</sup>:

G1N

Worldwide search of patent documents classified in the following areas of the IPC<sup>v</sup>:

G01B, G01N, G12B

The following online and other databases have been used in the preparation of this search report:

ONLINE: EPODOC, WPI, JAPIO, NPL